

ANÁLISIS DE REDES DE DISTRIBUCION Y COORDINACION DE PROTECCIONES

JUAN ESTEBAN SOTO CORREA

UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE PEREIRA
FACULTAD DE TECNOLOGÍA
PROGRAMA DE TECNOLOGÍA ELÉCTRICA
2016

ANÁLISIS REDES DE DISTRIBUCION Y COORDINACION DE PROTECCIONES

JUAN ESTEBAN SOTO CORREA

PROYECTO DE GRADO PARA OPTAR AL TÍTULO DE TECNÓLOGO EN
ELECTRICIDAD

Director:
Oscar Gómez Carmona
Doctor en Ingeniería
Docente Programa de Tecnología Eléctrica

UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE PEREIRA
FACULTAD DE TECNOLOGÍA
PROGRAMA DE TECNOLOGÍA ELÉCTRICA
2016

Nota de aceptación:

Firma del presidente del jurado

Firma del jurado

Firma del jurado

DEDICATORIA

Quiero dedicar este proyecto principalmente a Dios creador de todas las cosas, a mi madre María Aleyda y mi Abuela Dolly Restrepo que con gran esfuerzo y dedicación me brindaron la ayuda y los recursos para que esto fuese posible, por consiguiente me dieron ese primer impulso y esa motivación para estudiar aun sin saber que podría sostenerme económicamente durante este proceso. Una dedicatoria especial a mi padre que desde el cielo me ha dado una mano para poder cumplir un sueño para él y mi familia de ser profesional.

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos a la Universidad Tecnológica de Pereira por los conocimientos y experiencias vividas a través de estos últimos años, los cuales serán de gran importancia en nuestro futuro.

A la Escuela de Tecnología Eléctrica y sus profesores que nos han brindado el conocimiento que es necesario para realizar este trabajo, y en especial al profesor Jorge Humberto Sanz por acompañarme y brindarme el conocimiento necesario para llevar a cabo este proyecto de la mejor manera y así tener presente muchos conceptos e ideas para la vida laboral.

A la familia y a todas esas personas que me han apoyado incondicionalmente ya sea económica o moralmente.

CONTENIDO

	Pág.
RESUMEN	8
OBJETIVOS	9
OBJETIVO GENERAL	9
OBJETIVOS ESPECÍFICOS	9
INTRODUCCIÓN	10
1. DISEÑO RED DISTRIBUCION	12
2. MEMORIA DE CALCULO	13
3. PRESUPUESTO	14
4. COORDINACION DE PROTECCIONES	15
ANEXOS	22
CONCLUSIONES	23
BIBLIOGRAFÍA	24

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Ubicación del sistema de distribución	10
Figura 2. Diseño de red de distribución “Poblado 1”	12
Figura 3. Simulación para cálculos de niveles de cortocircuito (Trafo 100KVA)	16
Figura 4. Simulación para cálculos de niveles de cortocircuito (Trafo 75KVA)	17
Figura 5. Comportamiento totalizador y fusible (Trafo 100KVA)	18
Figura 6. Comportamiento totalizador y fusible (Trafo 75KVA)	19

RESUMEN

Mediante el proyecto de grado se pretende aplicar de forma eficiente el estudio y análisis de redes de distribución radiales en el barrio “Poblado 1” con un total de 250 abonados y presentar una memoria de cálculo que contiene dos circuitos de 130 y 120 abonados respectivamente.

Por consiguiente se procedió a realizar un estudio y análisis de los costos totales de la red de distribución considerando los conductores, retenciones, suspensiones, templetes y otros materiales usados en la red primaria y secundaria del diseño. Finalmente se llevó a cabo un estudio de coordinación de protecciones y fallas de cortocircuito en las redes de distribución anteriormente diseñadas.

OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL

Diseñar una red de distribución radial según la norma de la empresa de energía de Pereira. Cumpliendo de esta manera todas las condiciones de diseño y presentación del proyecto.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Realizar el diseño para un total de 250 abonados en el barrio “Poblado 1” de la ciudad de Pereira cumpliendo las normas establecidas por EEP
- Construir una memoria de cálculo de la red diseñada que cumpla los porcentajes de regulación, límite de corriente del conductor escogido y los diferentes parámetros que se deben tener en cuenta a la hora del diseño
- Llevar a cabo un estudio de los costos que tiene la red de distribución y la red primaria que la alimenta, teniendo presente todas las configuraciones y materiales usados en el diseño, calcular los costos de AUC, transporte y mano de obra, para obtener el costo total de todo el diseño.
- Verificar que el diseño tenga las condiciones necesarias para el funcionamiento y que su costo no sean muy elevado.
- Hacer un estudio de coordinación de protecciones y fallas de corto circuito del sistema diseñado.

INTRODUCCIÓN

Un sistema eléctrico de potencia incluye las etapas de generación, transmisión, distribución y utilización de la energía eléctrica, y su función primordial es la de llevar esta energía desde los centros de generación hasta los centros de consumo y por último entregarla al usuario en forma segura y con los niveles de calidad exigidos.

Aproximadamente las 2/3 partes de la inversión total del sistema de potencia, están dedicados a la parte de Distribución (Gigante Invisible), lo que implica necesariamente un trabajo cuidadoso en el planeamiento, diseño y construcción y en la operación del sistema de distribución, lo que requiere manejar una información voluminosa y tomar numerosas decisiones, lo cual es una tarea compleja pero de gran trascendencia.

Nótese que es en esta parte donde se producen los porcentajes más grandes de pérdidas de energía en todas sus manifestaciones debido al gran volumen de elementos que lo conforman, y a los bajos niveles de tensión que se manejan. [1]

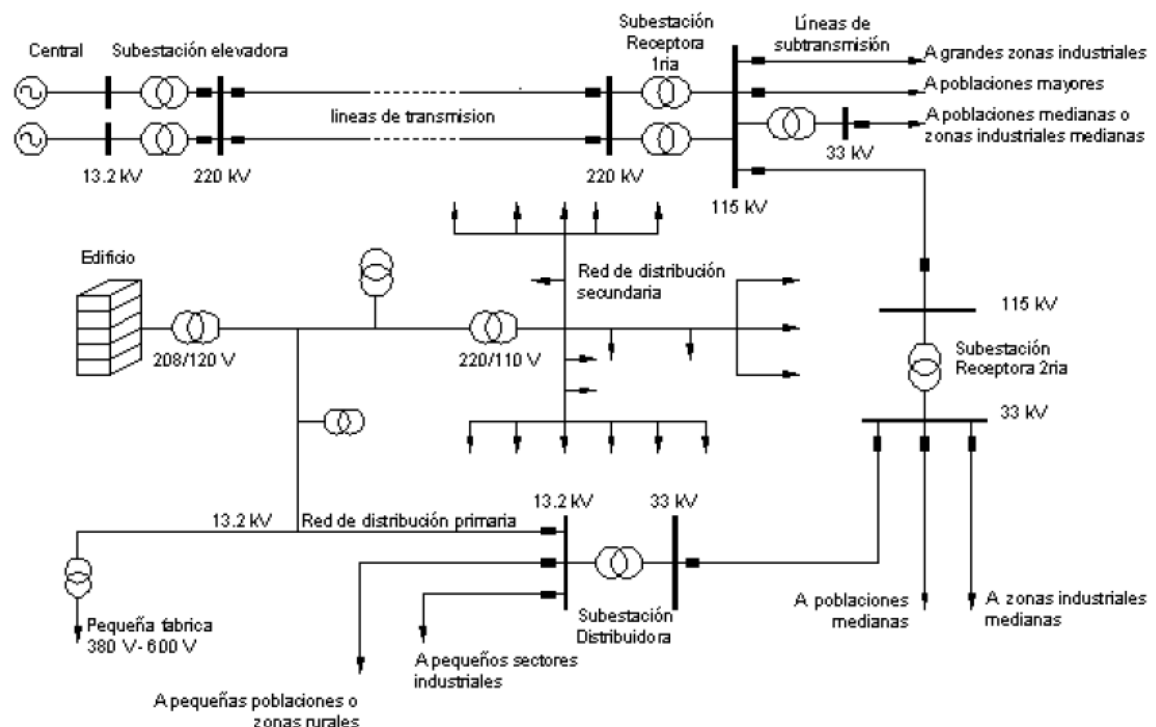


Figura 1. Ubicación del sistema de distribución en un sistema eléctrico de potencia

Es usual que la documentación técnica relacionada con un proyecto de distribución incluya las siguientes Partes:

- Las memorias descriptivas.
- Las notas de cálculo (criterios de diseño, secuencia de cálculo, fórmulas básicas de cálculo).
- Las especificaciones técnicas sobre equipos y elementos.
- Los planos.

CLASIFICACION DE LAS REDES DE DISTRIBUCION:

- De acuerdo a su construcción
- De acuerdo a los voltajes nominales
- De acuerdo a su ubicación geográfica
- De acuerdo al tipo de cargas
- De acuerdo a la confiabilidad

1. DISEÑO RED DE DISTRIBUCION

En la primera parte del proyecto se diseñó una red de distribución radial con los conocimientos adquiridos en las clases de distribución. En esta parte de diseño tomamos un total de 250 casas del barrio “poblado 1”. Después de tomar los 250 abonados se procede a construir las redes de distribución radiales para alimentar los abonados. Este diseño consta de dos circuitos con transformadores de 100KVA (Circuito Fucsia) y 75KVA (Circuito verde) respectivamente siendo alimentados por una red primaria proyectada (Rojo) y una red primaria existente, los dos circuitos de red de baja tienen 130 y 120 abonados con un total de 250 abonados. El diseño en su totalidad se realizó siguiendo la norma de la empresa de energía de Pereira, cumpliendo así todos los requisitos especificados sobre redes de distribución de baja y media tensión.

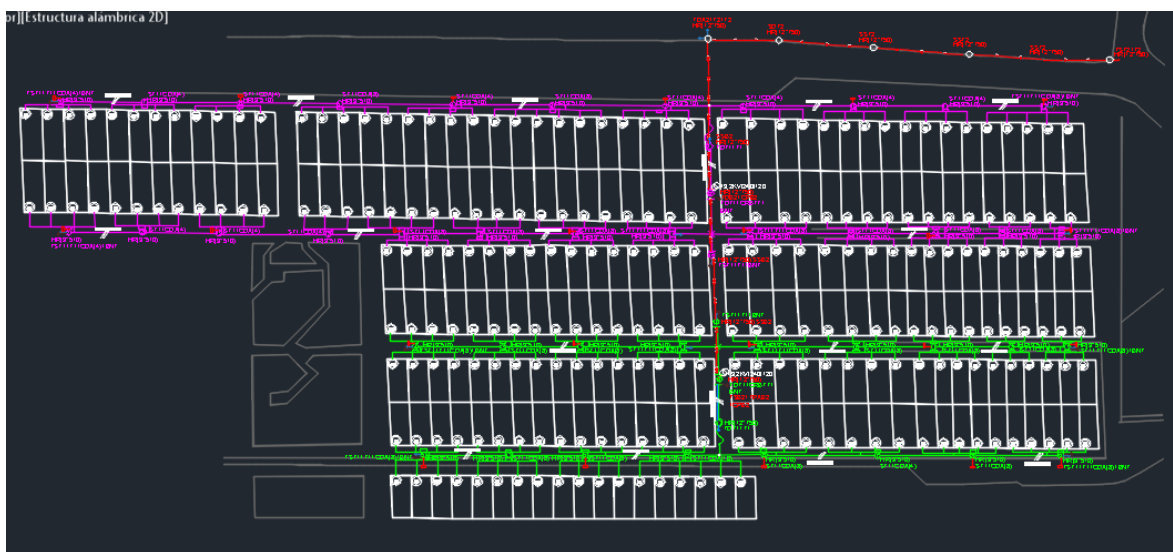


Figura 2. Diseño de red de distribución “Poblado 1” Pereira en AutoCAD

2. MEMORIA DE CALCULO

El diseño de los dos circuitos tiene como soporte las memorias de cálculo. En estas memorias de cálculo enumeramos o damos nombre a los nodos y se definen las distancias entre postes. Por consiguiente se procede a definir los KVA en cada nodo por su número de abonados (2/0 Circuito #1 y 1/0 Circuito #2) con la sumatoria de momentos de potencia en nodos terminales (NT) y la constante “K” especificada en la norma de EEP que se encuentra dividiendo el porcentaje de regulación máximo permitido (5) sobre la sumatoria de momentos de potencia en los nodos terminales. También en la memoria de cálculo se tiene como referencia el porcentaje de regulación en nodos terminales y sumatoria. Por consiguiente obtenemos la corriente máxima en cada tramo y verificamos el cumplimiento con la corriente máxima permitida por el conductor y así poder obtener los momentos de potencia (MP) en cada tramo. Se puede observar que ambos diseños tienen los cálculos necesarios para obtener el calibre de conductor escogido. Por último tenemos en cuenta el porcentaje de las pérdidas en el conductor por el efecto Joule.

Se anexa documento en formato excel con la memoria de cálculos detallada de las redes diseñadas.

3. PRESUPUESTO

Para llevar a cabo un estudio detallado del presupuesto de la red diseñada se procede hacer una lista de unitarios, donde estará cada una de las configuraciones utilizadas en la red de baja y media tensión proyectadas. En esta lista de unitarios estará el costo de cada elemento (Grapas, tornillos, collarines, crucetas, arandelas entre otros) que contiene principalmente las retenciones, suspensiones, templetes, cajas de derivación de abonados, entre otros y así poder obtener el valor total de cada unitario.

En el Ítem #1 del presupuesto tomamos los circuitos 1 y 2 de baja tensión y calculamos el número de configuraciones que este tiene y lo multiplicamos por los unitarios que tendrán el valor total de cada una de las configuraciones (retenciones, suspensiones, templetes y cajas de derivación de abonados entre otros). Por consiguiente tendremos el costo total de los dos circuitos de baja tensión diseñados.

En el Ítem #2 del presupuesto tomamos el circuito de media tensión proyectado para ambos circuitos y calculamos el número de configuraciones que se tiene y lo multiplicamos por los unitarios que tendrán el valor total de cada una de las configuraciones (retenciones, suspensiones, templetes y cajas de derivación de abonados entre otros) y unos valores anexos como el transformador, postes, luminaria de sodio y conductor por metro. Por consiguiente tendremos el costo total de la red primaria proyectada.

Llevamos a cabo el cálculo del subtotal en el circuito 1 y 2 sumando el Ítem #1 con el Ítem #2. En los subtotales de ambos estará el costo de la red de baja (Ítem #1) y la red de media proyectada (Ítem #2) respectivamente.

Para culminar el estudio de presupuesto, con el subtotal de ambos circuitos 1 y 2, sacamos los porcentajes de mano de obra (15%), Transporte (5%) y AUC (17%) y los sumaremos al subtotal, obteniendo de esta manera el costo total de ambos circuitos. Al sumar el costo total del circuito 1 con el circuito 2 obtendremos el costo total del proyecto. 132.977.276 \$

Se anexa documento en Excel con el presupuesto de la red diseñada con sus respectivos unitarios, Ítem 1 y 2, subtotal y Presupuesto total de la obra

4. ANALISIS COORDINACION DE PROTECCIONES.

INTRODUCCIÓN

En el siguiente capítulo se presentan los cálculos y curvas obtenidas como resultado de las simulaciones en el Software LSPS para cálculo de corrientes de cortocircuito en cada uno de los ramales y barrajes del sistema; además del estudio de coordinación de protecciones donde se evidencia de forma gráfica el comportamiento termo-magnético de las curvas asociadas a los diferentes tipos de Interruptores ACB, MCCB y MCB de la marca LS de LG mediante el software LSPS de este fabricante; el cual se ha seleccionado como referencia para este informe.

El cálculo y coordinación de protecciones se encuentra dentro de las exigencias establecidas por el reglamento técnico de instalaciones eléctricas RETIE 2013 en el artículo 10.1 literal m, como se evidencia a continuación:

10.1 DISEÑO DE LAS INSTALACIONES ELECTRICAS

Toda la instalación eléctrica a la que le aplique el RETIE, debe contar con un diseño realizado por un profesional o profesionales legalmente competentes para desarrollar esa actividad. El diseño podrá ser detallado o simplificado según el tipo de instalación.

m. calculo y coordinación de protecciones contra sobrecorrientes. En baja tensión se permite la coordinación con las características de limitación de corriente de los dispositivos según IEC 60947-2 Anexo A.

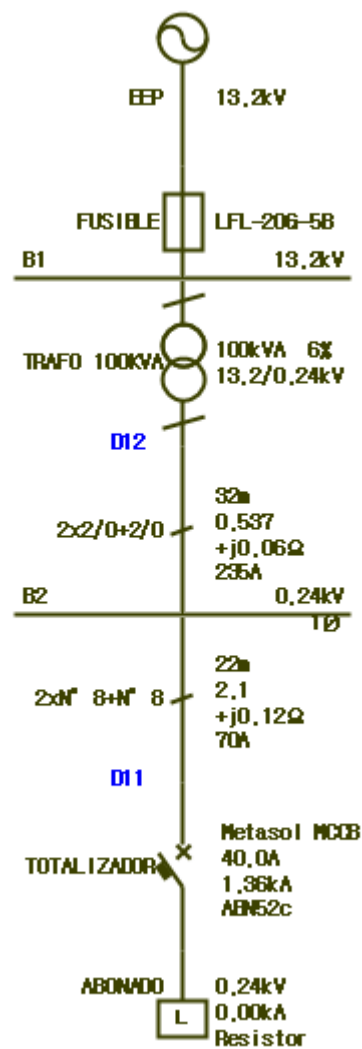


FIGURA 3. SIMULACION PARA CÁLCULO DE LOS NIVELES DE CORTOCIRCUITO (TRANSFORMADOR 100KVA CIRCUITO #1)

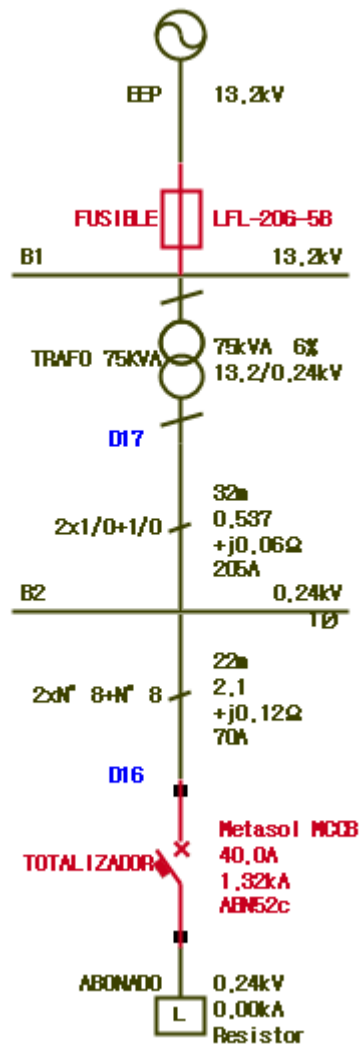


FIGURA 4. SIMULACION PARA CÁLCULO DE LOS NIVELES DE CORTOCIRCUITO (TRANSFORMADOR 75KVA CIRCUITO #2)

NOTA: Para detalles específicos y ampliación del diagrama unifilar; revisar el archivo anexo en el Software LSPS del Proyecto.

4.1 COMPORTAMIENTO TERMOMAGNÉTICO DE LAS REFERENCIAS DE INTERRUPTORES MARCA LS DE LG.

Los Interruptores que se muestran a continuación cumplen los niveles de I_{cu} e I_{cs} calculados mediante el software LSPS, y se han escogido como referencia para la coordinación de protecciones exigida por el RETIE 2013 en el artículo A

A continuación se muestran los ramales más representativos del proyecto; superponiendo las curvas termo magnéticas de todos los Interruptores presentes en dichos ramales.

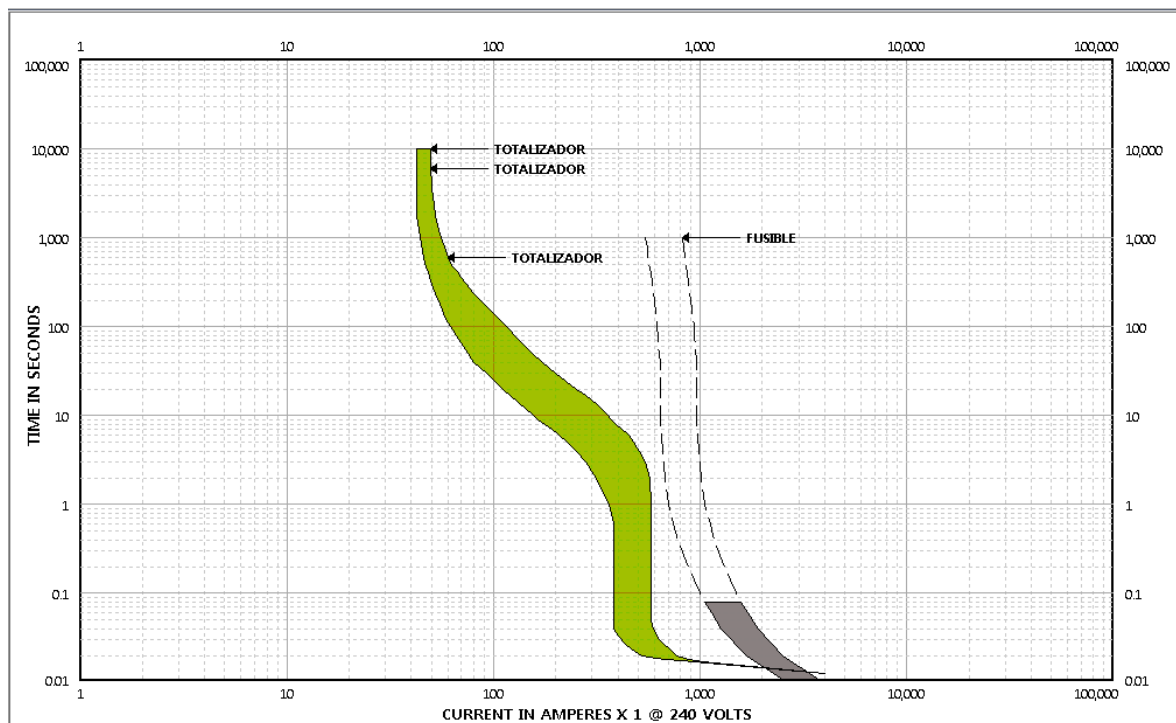


FIGURA 5. COMPORTAMIENTO TOTALIZADOR Y FUSIBLE (TRANSFORMADOR 100KVA CIRCUITO #1)

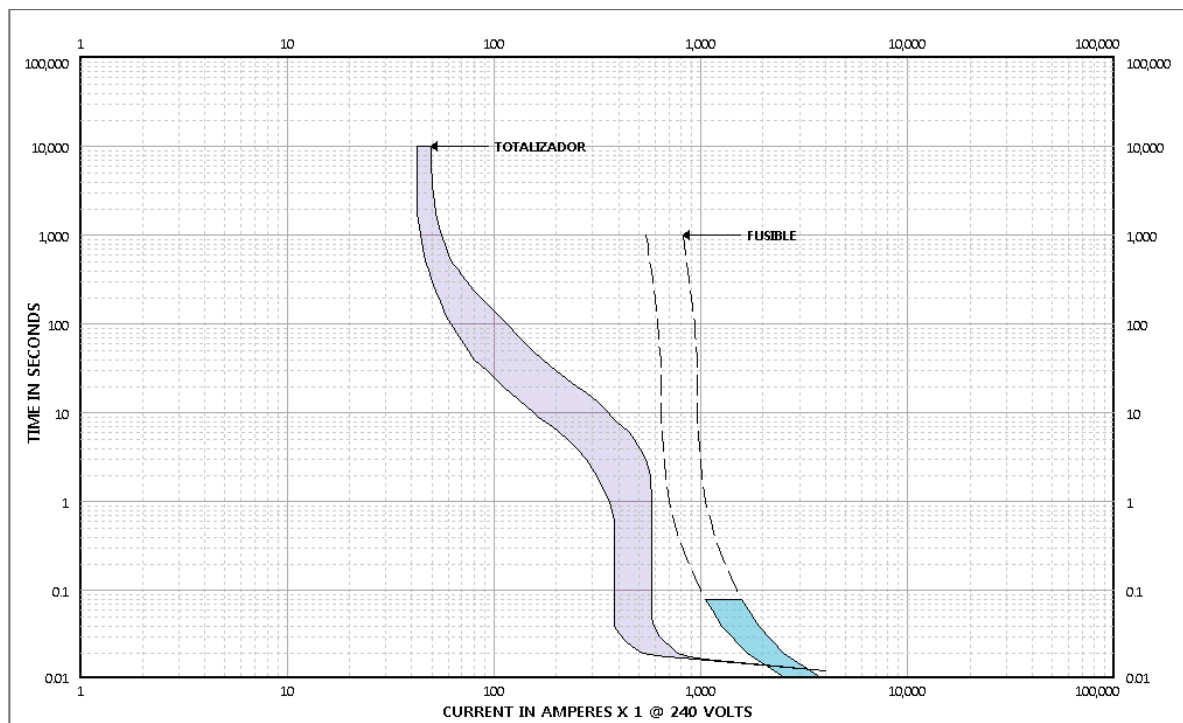


FIGURA 6. COMPORTAMIENTO TOTALIZADOR Y FUSIBLE (TRANSFORMADOR 75KVA CIRCUITO #2)

4.2 SELECCIÓN DE LA MARCA DE INTERRUPTORES Y ESPECIFICACIONES TÉCNICAS.

Como se evidenció en los numerales anteriores; la marca que se seleccionó como referencia desde el diseño para la coordinación de protecciones es **LS de LG**; sin embargo en caso de que se utilice otra marca diferente; esta debe presentar características técnicas iguales o superiores y tener un precio en el mercado igual o inferior dicha marca seleccionada para estos cálculos.

Además debe contar con software de coordinación de protecciones para la adecuada selección de referencias y sus respectivas curvas termomagnéticas; con el fin evidenciar de forma gráfica la asertiva selectividad entre las protecciones de los diferentes ramales del sistema; ya que las curvas y especificaciones técnicas varían entre los diferentes fabricantes.

Aclaración importante: Para efectos de garantizar Alta Confiabilidad y Robustez Técnica de los interruptores seleccionados en el proyecto ante eventuales sobrecargas o cortocircuitos reiterativos en el sistema; todos los Interruptores MCCB fijos hasta 800Amperios, deben garantizar el cumplimiento las condiciones técnicas que indiquen:

Ics = 100Icu, Ue >= 750 Voltios e Uimp >= 8KV ; donde

- **Ics** (Corriente de corte en servicio)
- **Icu** (Capacidad de Ruptura última)
- **Ue** (Tensión de Aislamiento)
- **Uimp** (Tensión de Impulso)

Interruptores Tipo Abierto ACB - hasta 1600 Amperios	
<i>Característica técnica</i>	<i>Solicitado</i>
Tamaño ACB Fijo AnchoxAlto x Profundo en (mm)	300x300x295
Tamaño ACB Extraíble AnchoxAlto x Profundo en (mm)	430x334x375
Rango de ajuste de la corriente del Interruptor	(0.4 hasta 1) x Inom
Tensión de Aislamiento Ui (Voltios)	1000
Tensión Nominal Ue (Voltios)	690
Máxima Tensión de Pico Uimp (KV)	12
Poder de Corte último Icu (KA Sym) bajo IEC 60947-2	65
Poder de Corte en Servicio Ics (KA) bajo IEC 60947-2	100% de Icu
Poder de Corte en Cortocircuito (KA pico)	143
Intensidad asignada de corta duración Icw (KA)	1seg/50KA , 2Seg/42KA , 3Seg/36KA
Tiempo Máximo de Corte (mseg)	40
Tiempo Máximo de Cierre (mseg)	80
Ciclo de Vida Mecánica/Electrica (Nro Operaciones)	20000/5000
Certificaciones y Homologaciones	KS / KEMA / KERI / GOST
Certificaciones para ambientes agresivos / Marinos	LR / ABS / DNV / KR / BV / GL / RINA/ NK
Accesorios suministrados con el Interruptor sin costo adicional	
Mando Motorizado	Si
Protección falla a Tierra en la Unidad electrónica	Si
Display en Unidad Electrónica con visualización de Corrientes	Si
Bobina de Disparo y Bobina de Apertura	Si
Bobina de Mínima Tensión	Si
Contactos Auxiliares	3NO/3NC

Interruptores Tipo Abierto ACB - 2000 hasta 4000 Amperios	
<i>Característica técnica</i>	<i>Solicitado</i>
Tamaño ACB Fijo AnchoxAlto x Profundo en (mm)	300x378x295
Tamaño ACB Extraíble AnchoxAlto x Profundo en (mm)	430x412x375
Rango de ajuste de la corriente del Interruptor	(0.4 hasta 1) x Inom
Tensión de Aislamiento Ui (Voltios)	1000
Tensión Nominal Ue (Voltios)	690
Máxima Tensión de Pico Uimp (KV)	12
Poder de Corte último Icu (KA Sym) bajo IEC 60947-2	85
Poder de Corte en Servicio Ics (KA) bajo IEC 60947-2	100% de Icu
Poder de Corte en Cortocircuito (KA pico)	187
Intensidad asignada de corta duración Icw (KA)	1seg/85KA , 2Seg/75KA , 3Seg/65KA
Tiempo Máximo de Corte (mseg)	40
Tiempo Máximo de Cierre (mseg)	80
Ciclo de Vida Mecánica/Electrica (Nro Operaciones)	15000/5000
Certificaciones y Homologaciones	KS / KEMA / KERI / GOST
Certificaciones para ambientes agresivos / Marinos	LR / ABS / DNV / KR / BV / GL / RINA/ NK
Accesorios suministrados con el Interruptor sin costo adicional	
Mando Motorizado	
Protección falla a Tierra en la Unidad electrónica	Si
Display en Unidad Electrónica con visualización de Corrientes	Si
Comunicación Modbus	Si
Bobina de Disparo y Bobina de Apertura	Si
Bobina de Mínima Tensión	Si
Contactos Auxiliares	3NO/3NC

Interrupidores Tipo Abierto ACB - 4000 hasta 6300 Amperios	
<i>Característica técnica</i>	<i>Solicitado</i>
Tamaño ACB Fijo AnchoxAlto x Profundo en (mm)	300x751x295
Tamaño ACB Extraíble AnchoxAlto x Profundo en (mm)	460x785x375
Rango de ajuste de la corriente del Interruptor	(0.4 hasta 1) x Inom
Tensión de Aislamiento Ui (Voltios)	1000
Tensión Nominal Ue (Voltios)	690
Máxima Tensión de Pico Uimp (KV)	12
Poder de Corte último Icu (KA Sym) bajo IEC 60947-2	85
Poder de Corte en Servicio Ics (KA) bajo IEC 60947-2	100% de Icu
Poder de Corte en Cortocircuito (KA pico)	220
Intensidad asignada de corta duración Icw (KA)	1seg/85KA , 2Seg/75KA , 3Seg/65KA
Tiempo Máximo de Corte (mseg)	40
Tiempo Máximo de Cierre (mseg)	80
Ciclo de Vida Mecánica/Electrica (Nro Operaciones)	10000/2000
Certificaciones y Homologaciones	KS / KEMA / KERI / GOST
Certificaciones para ambientes agresivos / Marinos	LR / ABS / DNV / KR / BV / GL / RINA/ NK
Accesorios suministrados con el Interruptor sin costo adicional	
Mando Motorizado	SI
Protección falla a Tierra en la Unidad Electrónica	SI
Display en Unidad Electrónica con visualización de Corrientes	SI
Bobina de Disparo y Bobina de Apertura	SI
Bobina de Mínima Tensión	SI
Contactos Auxiliares	3NO/3NC

INTERRUPTORES TIPO CAJA MOLDEADA (MCCB) HASTA 800A.

Interrupidores Caja Moldeada MCCB Fijos hasta 800 Amperios	
<i>Característica técnica</i>	<i>Solicitado</i>
Tensión de Aislamiento Ui (Voltios)	750
Tensión Nominal Ue (Voltios)	690
Máxima Tensión de Pico Uimp (KV)	8
Poder de Corte en Servicio Ics (KA) bajo IEC 60947-2	100% de Icu
Certificaciones y Homologaciones	KS / KEMA / IEC / CE

MiniBreakers Riel Din MCB - hasta 63 Amperios	
<i>Característica técnica</i>	<i>Solicitado</i>
Tensión Nominal Ue (Voltios)	400VAC @50/60HZ
Temperatura ambiente de conformidad a IEC 60898	-5°C to +40°C
Poder de Corte último Icu (KA Sym) @230/400VAC bajo IEC 60898	10KA
Curva característica	Curva B, Curva C, Curva D
Tipo de disparo	Magnético-Térmico
Tipo de terminal	Tipo dual (Túnel & Bornes)
Sección del cable	Cable hasta 25mm ²
Instalación	Montaje en riel DIN de 35mm
Ancho	17.8mm por polo
Durabilidad en operaciones	8000

INTERRUPTORES TIPO ENCHUFABLES HASTA 50A.

Interruptor Enchufable - hasta 50 Amperios	
<i>Característica técnica</i>	<i>Solicitado</i>
Tensión Nominal Ue (Voltios)	1polo 230VAC / 2,3polos 400VAC
Poder de Corte último Icu (KA Sym) @230/400VAC bajo IEC 60947-2	10KA
Curva característica	Curva B, Curva C, Curva D
Tipo de disparo	Magnético-Térmico
Tipo de terminal	Túnel (14 - 6 AWG)
Sección del cable	Cable hasta 25mm ²
Ranura	60mm
Ancho	56mm
Durabilidad en operaciones	10000

ANEXOS

Se anexa de forma electrónica los siguientes archivos:

- Plano en AutoCAD con el diseño de la Red de distribución del barrio “Poblado 1” de la ciudad de Pereira con un total de 250 Abonados.
- Memoria de cálculo en Excel
- Presupuesto del proyecto en Excel
- Coordinación de protecciones para los circuitos en LSPS

CONCLUSIONES

A manera de redondear la idea principal que es el diseño de redes de distribución, concluimos que un tecnólogo electricista debería tener como una de las prioridades en el aprendizaje el diseño de redes de distribución (baja tensión) ya sea radiales, telescópicas, anillo, malla, entre otras.

En este caso se debe concluir el proyecto con un diseño que esté totalmente bajo las normas, requisitos y especificaciones de la Norma de empresas de energías de Pereira, pues al ser un diseño de un barrio de la ciudad de Pereira rige bajo esta norma.

Así tener una gran familiarización o contacto constante con la normas de nuestro país en diseño de redes de distribución ya sean aéreas o subterráneas permite aplicar nuestros conocimientos en otras ciudades ya que las normas normalmente que son muy similares.

Tener claro la importancia de usar herramientas que pueden facilitar el diseño y que son indispensables como AutoCAD, tabla de demanda diversificada y tablas de conductores comerciales a la hora de hacer una memoria de cálculos.

Finalmente tener una idea clara de los costos y presupuesto de un diseño de una red de distribución y la coordinación de protecciones, de esta manera tener un diseño optimo garantizando un costo lo más económico posible sin dejar de garantizar la calidad y confiabilidad del diseño.

BIBLIOGRAFÍA

[1] RAMÍREZ CASTAÑO, Samuel. Redes de distribución de energía. Manizales, 2004, 441h. Trabajo de grado (Tecnólogo en electricidad). Universidad Tecnológica de Pereira. Facultad de tecnologías. Programa de tecnología eléctrica. Disponible en línea en la Biblioteca de la Universidad Nacional de Colombia sede Manizales: <<http://www.bdigital.unal.edu.co/3393/>>

[2] EMPRESA DE ENERGÍA DE PEREIRA. Normas empresa de energía de Pereira S.A S.P. Pereira, 2015, 254h. Trabajo de grado (Tecnólogo en electricidad). Universidad Tecnológica de Pereira. Facultad de tecnologías. Programa de tecnología eléctrica. Disponible en línea en la página de las empresas públicas de Pereira: <<http://www.eep.com.co/>>